

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月 1日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-367560

出 願 人

Applicant(s):

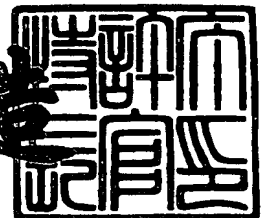
セイコーインスツルメンツ株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 8月10日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3071242

【書類名】 特許願

【整理番号】 00000595

【提出日】 平成12年12月 1日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/00
G11B 7/135

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 笠間 宣行

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 大海 学

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 光岡 靖幸

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 加藤 健二

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 新輪 隆

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 前田 英孝

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 市原 進

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 篠原 陽子

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 服部 純一

【代理人】

【識別番号】 100096286

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 敬之助

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003012

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学的な開口の作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、

前記基板に形成された所望の波長を透過する錘状突起部と、

前記錘状突起部の近傍に配置された開口制御部と、

少なくとも前記錘状突起部上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、

前記錘状突起部および前記開口制御部の少なくとも一部を覆うような面を有する押し込み体を、前記錘状突起部に向かう成分を有する力により前記被開口形成体に押し当てることにより前記錘状突起部の先端に光学的な開口を形成することを特徴とする光学的な開口作製方法。

【請求項 2】

基板と、

前記基板に形成された所望の波長を透過する複数の錘状突起部と、

前記錘状突起部の近傍に配置された開口制御部と、

少なくとも前記錘状突起部上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、

前記錘状突起部および前記開口制御部の少なくとも一部を覆うような面を有する押し込み体を、前記錘状突起部に向かう成分を有する力により前記被開口形成体に押し当てることにより前記複数の錘状突起部の先端に光学的な開口を一度に形成することを特徴とする光学的な開口作製方法。

【請求項 3】

前記錘状突起部の高さとは前記開口制御部の高さに差をつけることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の光学的な開口作製方法。

【請求項 4】

前記錘状突起部の高さとは前記開口制御部の高さの差を前記基板の形状に応じた分布になるように形成することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の光

学的な開口の作製方法。

【請求項 5】

前記錘状突起部の高さと同記開口制御部の高さの差を所望の分布になるように形成することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項 6】

前記押し込み体の形状が、前記基板の反りと同じ形状であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の光学的な開口の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は、光学的な開口の作製方法に関するものである。特に近視野光を照射・検出する近視野光デバイスに用いる開口の作製方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

試料表面においてナノメートルオーダの微小な領域を観察するために走査型トンネル顕微鏡（STM）や原子間力顕微鏡（AFM）に代表される走査型プローブ顕微鏡（SPM）が用いられている。SPMは、先端が先鋭化されたプローブを試料表面に走査させ、プローブと試料表面との間に生じるトンネル電流や原子間力などの相互作用を観察対象として、プローブ先端形状に依存した分解能の像を得ることができるが、比較的、観察する試料に対する制約が厳しい。

【0 0 0 3】

そこでいま、試料表面に生成される近視野光とプローブとの間に生じる相互作用を観察対象とすることで、試料表面の微小な領域の観察を可能にした近視野光学顕微鏡（SNOM）が注目されている。

【0 0 0 4】

近視野光学顕微鏡においては、先鋭化された光ファイバーの先端に設けられた開口から近視野光を試料の表面に照射する。開口は、光ファイバーに導入される光の波長の回折限界以下の大きさを有しており、たとえば、100nm程度の直

径である。プローブ先端に形成された開口と試料間の距離は、SPMの技術によって制御され、その値は開口サイズ以下である。このとき、試料上での近視野光のスポット径は、開口サイズとほぼ同じである。したがって、試料表面に照射する近視野光を走査することで、微小領域における試料の光学物性の観測を可能としている。

【 0 0 0 5 】

顕微鏡としての利用だけでなく、光ファイバプローブを通して試料に向けて比較的強度の大きな光を導入させることにより、光ファイバプローブの開口にエネルギー密度の高い近視野光を生成し、その近視野光によって試料表面の構造または物性を局所的に変更させる高密度な光メモリ記録としての応用も可能である。強度の大きな近視野光を得るために、プローブ先端の先端角を大きくすることが試みられている。

【 0 0 0 6 】

これら近視野光を利用したデバイスにおいて、開口の形成が最も重要である。開口の作製方法の一つとして、特許公報平 5 - 2 1 2 0 1 に開示されている方法が知られている。特許公報平 5 - 2 1 2 0 1 の開口作製方法は、開口を形成するための試料として、先鋭化した光波ガイドに遮光膜を堆積したものをを用いている。開口の作製方法は、遮光膜付きの先鋭化した光波ガイドを圧電アクチュエータによって良好に制御された非常に小さな押しつけ量で硬い平板に押しつけることによって、先端の遮光膜を塑性変形させている。

【 0 0 0 7 】

また、開口の形成方法として、特開平 1 1 - 2 6 5 5 2 0 に開示されている方法がある。特開平 1 1 - 2 6 5 5 2 0 の開口の作製方法において、開口を形成する対象は、平板上に集束イオンビーム (FIB) によって形成された突起先端である。開口の形成方法は、突起先端の遮光膜に、側面から FIB を照射し、突起先端の遮光膜を除去することによって行っている。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特許公報平 5 - 2 1 2 0 1 の方法によれば、光波ガイド一本ず

つしか開口を形成する事ができない。また、特許公報平 5 - 2 1 2 0 1 の方法によれば、移動分解能が数 nm の圧電アクチュエータによって押し込み量を制御する必要があるため、開口形成装置をその他の装置や空気などの振動による影響が少ない環境におかなくてはならない。また、光伝搬体ロッドが平板に対して垂直に当たるように調整する時間がかかってしまう。また、移動量の小さな圧電アクチュエータの他に、移動量の大きな機械的並進台が必要となる。さらに、移動分解能が小さな圧電アクチュエータをもちいて、押し込み量を制御するさいに、制御装置が必要であり、かつ、制御して開口を形成するためには数分の時間がかかる。したがって、開口作製のために、高電圧電源やフィードバック回路などの大がかりな装置が必要となる。また、開口形成にかかるコストが高くなる問題があった。

【 0 0 0 9 】

また、特開平 1 1 - 2 6 5 5 2 0 の方法によれば、加工対象は平板上の突起であるが、F I B を用いて開口を形成しているため、一つの開口の形成にかかる時間が 1 0 分程度と長い。また、F I B を用いるために、試料を真空中におかなければならない。従って、開口作製にかかる作製コストが高くなる問題があった。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

そこで、上記課題を解決するために本発明に係る第 1 の光学的な開口の作製方法は、基板と、前記基板に形成された所望の波長を透過する錘状突起部と、前記基板に形成された前記錘状突起部の近傍に配置された開口制御部と、少なくとも前記錘状突起部上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、前記錘状突起部および前記開口制御部の少なくとも 1 部を覆うような面を有する押し込み体を、前記錘状突起部に向かう成分を有する力により前記被開口形成体に押し当てることにより前記錘状突起部の先端に光学的な開口を形成することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

この発明によれば、錘状突起部近傍に開口制御部を設けることによって押し込み体である板の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエ

ータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口を錘状突起部先端に形成する事が容易である。また、錘状突起部と開口制御部の高さが常に同じに制御されているので、開口の作製歩留まりが向上した。さらに、単純に力Fを加えるだけで開口が形成されるため、開口作製にかかる時間は数秒から数10秒と非常に短くできる。また、本発明によれば、加工雰囲気問わない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。

【 0 0 1 2 】

また、本発明に係る第2の光学的な開口の作製方法は、基板と、前記基板に形成された所望の波長を透過する複数の錘状突起部と、前記基板に形成された前記錘状突起部の近傍に配置された開口制御部と、少なくとも前記錘状突起部上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、前記錘状突起部および前記開口制御部の少なくとも1部を覆うような面を有する押し込み体を、前記錘状突起部に向かう成分を有する力により前記被開口形成体に押し当てることにより前記複数の錘状突起部の先端に光学的な開口を一度に形成することを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

この発明によれば、本発明に係る第1の光学的な開口の作製方法の効果に加え、ワークが複数個作製されたウエハに対して、一括で力を加えることによって、開口サイズのそろった開口を一度に複数個作製する事が可能であり、開口1個あたりの加工時間を短くでき、低コスト化をはかることができ。さらに、開口の個数に対して開口制御部の個数を減らすことができ、1枚のウエハから取れる微小開口を有する素子の数を大幅に増やすことができるので、更なる低コスト化がはかれる。

【 0 0 1 4 】

また、本発明に係る第3の光学的な開口の作製方法は、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法において、前記錘状突起部の高さとは前記開口制御部の高さとは差をつけることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

この発明によれば、本発明に係る第 1 あるいは第 2 の光学的な開口の作製方法の効果に加え、錘状突起部の高さで開口制御部の高さを良好に制御することで錘状突起部先端に作製する微小開口サイズを簡単に、そして良好に制御することができる。

【 0 0 1 6 】

また、本発明に係る第 4 の光学的な開口の作製方法は、本発明に係る第 1 あるいは第 2 の光学的な開口の作製方法において、前記錘状突起部の高さで開口制御部の高さの差を前記基板の形状に応じた分布になるように形成することを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

この発明によれば、本発明に係る第 1 あるいは第 2 の光学的な開口の作製方法の効果に加え、基板の形状に応じ錘状突起部の高さを制御することにより、より等の変形した基板に作製されている複数の錘状突起部上部の遮光膜が受ける塑性変形量を一定にすることができ、錘状突起部の先端に作製される開口サイズをすべて一定にすることができるので、1 枚のウエハからとれる開口の歩留まりが向上する。

【 0 0 1 8 】

また、本発明に係る第 5 の光学的な開口の作製方法は、本発明に係る第 1 あるいは第 2 の光学的な開口の作製方法において、前記錘状突起部の高さで開口制御部の高さの差を所望の分布になるように形成することを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

この発明によれば、本発明に係る第 1 あるいは第 2 の光学的な開口の作製方法の効果に加え、錘状突起部の高さを適切に制御することにより、一枚のウエハ上に数種類の大きさの開口を安定的に作製することができ、色々なサイズの開口を作製する際に、ウエハの枚数を減らすことができ、安価に数種類の開口サイズを作成することができる。

【 0 0 2 0 】

また、本発明に係る第 6 の光学的な開口の作製方法は、本発明に係る第 1 ある

いは第2の光学的な開口の作製方法において、前記押し込み体の形状が、前記基板の反り量をもった形状であることを特徴とする。

【0021】

この発明によれば、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法の効果に加え、基板の反り形状に応じ、押し込み体である板あるいは押し込み用具の形状を調整することにより、反り等の変形した基板に作製されている複数の錘状突起部上部の遮光膜が受ける塑性変形量を一定にすることができ、錘状突起部の先端に作製される開口サイズをすべて一定にすることができる。よって、1枚のウエハからとれる開口の歩留まりが飛躍的に向上する。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の開口の形成方法について、添付の図面を参照して詳細に説明する。

（実施の形態1）

図1から図3は、本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。図1に示すワーク1000は、基板4上に形成された透明層5、透明層5の上に形成された錘状突起部1および尾根状の開口制御部2、錘状突起部1、開口制御部2および透明層5の上に形成された遮光膜3からなる。なお、ワーク1000において、透明層5は、必ずしも必要ではなく、その場合、遮光膜3は、錘状突起部1、開口制御部2および基板4上に形成される。また、遮光膜3は、錘状突起部1にだけ堆積されていてもよい。

【0023】

錘状突起部1の高さH1は、数mm以下であり、開口制御部2の高さH2は、数mm以下である。高さH1と高さH2は同じである。錘状突起部1と開口制御部2の間隔は、数mm以下である。また、遮光膜3の厚さは、遮光膜3の材質によって異なるが、数10nmから数100nmである。

【0024】

錘状突起部1、開口制御部2および透明層5は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジंकセレンやシリコンなど

の赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。また、錘状突起部 1 の材料は、開口を通過する光の波長帯において少しでも錘状突起部 1 を透過する材料であれば用いることができる。また、錘状突起部 1、開口制御部 2 および透明層 5 は、同一の材料で構成されても良いし、別々の材料で構成されても良い。遮光膜 3 は、たとえば、アルミニウム、クロム、金、白金、銀、銅、チタン、タンゲステン、ニッケル、コバルトなどの金属や、それらの合金を用いる。

【 0 0 2 5 】

図 2 は、開口を形成する方法において、錘状突起部 1 上の遮光膜 3 を塑性変形させている状態を示した図である。遮光膜 3 を塑性変形させるための押し込み体として板 6 及び押し込み用具 7 を用いた。図 1 で示したワーク 1 0 0 0 の上に、錘状突起部 1 および少なくとも開口制御部 2 の一部を覆い、かつ、少なくとも錘状突起部 1 および開口制御部 2 側が平面である板 6 を載せ、さらに板 6 の上には、押し込み用具 7 を載せる。押し込み用具 7 に錘状突起部 1 の中心軸方向に力 F を加えることによって、板 6 が錘状突起部 1 に向かって移動する。錘状突起部 1 と板 6 との接触面積に比べて、開口制御部 2 と板 6 との接触面積は、数 1 0 0 ～ 数万倍も大きい。したがって、与えられた力 F は、開口制御部 2 によって分散され、結果として板 6 の変位量は小さくなる。板 6 の変位量が小さいため、遮光膜 3 が受ける塑性変形量は非常に小さい。また、錘状突起部 1 および開口制御部 2 は、非常に小さな弾性変形を受けるのみである。力 F の加え方は、所定の重さのおもりを所定の距離だけ持ち上げて、自由落下させる方法や、所定のバネ定数のバネを押し込み用具 7 に取り付け、所定の距離だけバネを押し込む方法などがある。板 6 が、遮光膜よりも堅く、錘状突起部 1 および開口制御部 2 よりも柔らかい材料である場合、錘状突起部 1 および開口制御部 2 が受ける力は、板 6 によって吸収されるため、板 6 の変位量がより小さくなり、遮光膜 3 の塑性変形量を小さくすることが容易となる。

【 0 0 2 6 】

図 3 は、力 F を加えた後に、押し込み体である板 6 および押し込み用具 7 を取り除いた状態を示した図である。遮光膜 3 の塑性変形量が非常に小さく、錘状突

起部 1 および開口制御部 2 が弾性変形領域でのみ変位しているため、錘状突起部 1 の先端に開口 8 が形成される。開口 8 の大きさは、数 nm から錘状突起部 1 を通過する光の波長の回折限界程度の大きさである。なお、上記では、押し込み用具 7 とワーク 1 0 0 0 の間に板 6 が挿入されていたが、板 6 を除去して直接押し込み用具 7 で押し込むことによっても同様に開口 8 を形成できることは、いうまでもない。

【 0 0 2 7 】

開口 8 に光を導入するために、基板 4 を錘状突起部 1 の形成面と反対側からエッチングすることによって透明体 5 または錘状突起部 1 の少なくとも一部を露出させて、開口 8 への光の導入口を形成する。また、基板 4 を透明材料 1 0 3 で構成することによって、光の導入口を形成する工程を省くことができるのは言うまでもない。

【 0 0 2 8 】

以上説明したように、本発明の開口作製方法によれば、開口制御部 2 によって押し込み体である板 6 の変位量を良好に制御することができ、かつ、板 6 の変位量を非常に小さくできるため、大きさが均一で小さな開口 8 を錘状突起部 1 先端に容易に作製することができる。また、基板側から光を照射して、開口 8 から近視野光を発生させることができる。

【 0 0 2 9 】

次に、ワーク 1 0 0 0 の製造方法を図 4 から図 5 を用いて説明する。図 4 は、基板材料 1 0 4 上に透明材料 1 0 3 を形成したのち、錘状突起部用マスク 1 0 1 および開口制御部用マスク 1 0 2 を形成した状態を示している。図 4 (a) は上面図を示しており、図 4 (b) は、図 4 (a) の A - A ' で示す位置における断面図を示している。透明材料 1 0 3 は、気相化学堆積法 (CVD) やスピコートによって基板材料 1 0 4 上に形成する。また、透明材料 1 0 3 は、固相接合や接着などの方法によっても基板材料 1 0 4 上に形成することができる。次に、透明材料 1 0 3 上にフォトリソグラフィ工程によって、錘状突起部用マスク 1 0 1 及び開口制御部用マスク 1 0 2 を形成する。錘状突起部用マスク 1 0 1 と開口制御部用マスク 1 0 2 は、同時に形成しても良いし、別々に形成しても良い。

【0030】

錘状突起部用マスク101および開口制御部用マスク102は、透明材料103の材質と次工程で用いるエッチャントによるが、フォトレジストや窒化膜などを用いる。透明材料103は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジंकセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。

【0031】

錘状突起部用マスク101の直径は、たとえば数mm以下である。開口制御部用マスク102の幅W1は、たとえば、錘状突起部用マスク101の直径と同じかそれよりも数10nm～数μmだけ小さい。また、開口制御部用マスク102の幅W1は、錘状突起部用マスク101の直径よりも数10nm～数μmだけ大きくてもよい。また、開口制御部用マスク102の長さは、数10μm以上である。

【0032】

図5は、錘状突起部1および開口制御部2を形成した状態を示している。図5(a)は上面図であり、図5(b)は、図5(a)のA-A'で示す位置の断面図である。錘状突起部用マスク101および開口制御部用マスク102を形成した後、ウェットエッチングによる等方性エッチングによって錘状突起部1および開口制御部2を形成する。透明材料103の厚さと錘状突起部1および開口制御部2の高さの関係を調整することによって、図1に示す透明層5が形成されたり、形成されなかったりする。錘状突起部1の先端半径は、数nnから数100nmである。この後、遮光膜をスパッタや真空蒸着などの方法で堆積する事によって、図1に示すワーク1000を形成する事ができる。また、遮光膜3を錘状突起部1にだけ堆積する場合、遮光膜3の堆積工程において、錘状突起部1上に遮光膜が堆積するような形状を有するメタルマスクを乗せてスパッタや真空蒸着などを行う。また、ワーク1000の錘状突起部が形成された面の全面に遮光膜3を堆積した後、錘状突起部1にだけ遮光膜3が残るようなフォトリソグラフィ工程を用いても、錘状突起部1上にだけ遮光膜3を形成する事ができることは言う

までもない。

以上説明したように、本発明の実施の形態 1 によれば、錘状突起部 1 近傍に開口制御部 2 を設けることによって押し込み体である板 6 の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口 8 を錘状突起部 1 先端に形成する事が容易である。我々の実験では、手に持ったハンマーなどで、押し込み用具 7 を叩くだけで直径 1 0 0 n m 以下の開口 8 を形成する事ができた。また、錘状突起部 1 と開口制御部 2 の高さが常に同じに制御されているので、開口 8 の作製歩留まりが向上した。また、本発明の実施の形態 1 で説明したワーク 1 0 0 0 は、フォトリソグラフィ工程によって作製可能なため、ウエハなどの大きな面積を有する試料に、複数個作製することが可能であり、力 F を一定にすることによって複数個作製されたワーク 1 0 0 0 それぞれに対して均一な開口サイズの開口 8 を形成する事ができる。また、力 F の大きさを変えることが非常に簡単なため、複数個作製されたワーク 1000 に対して個別に開口サイズの異なる開口 8 を形成する事が可能である。また、単純に力 F を加えるだけで開口 8 が形成されるため、開口作製にかかる時間は数秒から数 10 秒と非常に短い。また、本発明の実施の形態 1 によれば、加工雰囲気問わない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。

【 0 0 3 3 】

また、ワーク 1 0 0 0 が複数個作製された試料に対して、一括で力 F を加えることによって、開口サイズのそろった開口 8 を一度に複数個作製する事も可能である。一括で加工する場合、ウエハ一枚あたりのワーク 1000 の数にもよるが、開口 1 個あたりの加工時間は、数 100 ミリ秒以下と非常に短くなる。

(実施の形態 2)

図 6、図 7 は、本発明の実施の形態 2 に係る開口の形成方法について説明した図である。本実施の形態は、実施の形態 1 において、錘状突起部の高さで開口制

御部の高さに差がある場合の実施の形態である。よって、実施の形態 1 と同じ部分については説明を一部省略あるいは簡単にする。

【 0 0 3 4 】

実施の形態 1 と同様に、図 6 において基板 4 上に形成された透明層 5、透明層 5 の上に形成された錘状突起部 6 1 および尾根状の開口制御部 2、錘状突起部 6 1、開口制御部 2 および透明層 5 の上に形成された遮光膜 3 からなる。なお、透明層 5 は、必ずしも必要ではなく、その場合、遮光膜 3 は、錘状突起部 6 1、開口制御部 2 および基板 4 上に形成される。また、遮光膜 3 は、錘状突起部 6 1 にだけ堆積されていてもよい。

【 0 0 3 5 】

錘状突起部 6 1 の高さ $H16$ は、数 μm 以下であり、開口制御部 2 の高さ $H26$ は、数 μm 以下である。高さ $H16$ と高さ $H26$ の差は、 1000 nm 以下である。図 6 の場合、錘状突起部 6 1 の高さの方が開口制御部 2 の高さよりも低く、 $H16 < H26$ である。

【 0 0 3 6 】

錘状突起部 6 1、開口制御部 2 および透明層 5 は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジंकセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。また、錘状突起部 6 1 の材料は、開口を通過する光の波長帯において少しでも錘状突起部 6 1 を透過する材料であれば用いることができる。また、錘状突起部 6 1、開口制御部 2 および透明層 5 は、同一の材料で構成されても良いし、別々の材料で構成されても良い。遮光膜 3 は、たとえば、アルミニウム、クロム、金、白金、銀、銅、チタン、タングステン、ニッケル、コバルトなどの金属や、それらの合金を用いる。

【 0 0 3 7 】

このようなワーク 2 0 0 0 に開口を作製する方法は、実施の形態 1 で説明した方法と全く同じであるので説明を省略する。ただし、錘状突起部 6 1 の高さの方が開口制御部 2 の高さよりも低いため、錘状突起部 6 1 上部の遮光膜 3 が受ける

塑性変形量は、開口制御部 2 上部の遮光膜 3 が受ける塑性変形量よりも小さくなる。よって、錘状突起部 6 1 の先端に開口が形成され、その開口サイズは実施の形態 1 で説明した錘状突起部と開口制御部の高さが同じものに比べて小さくなる。

【 0 0 3 8 】

また、図 7 は、図 6 の実施の形態とは逆に錘状突起部が開口制御部よりも高い場合の実施の形態である。他の部分は図 6 の実施の形態と全く同じであるので説明を省略する。

【 0 0 3 9 】

錘状突起部 7 1 の高さ H_{17} の方が開口制御部 2 の高さ H_{27} よりも高いため、開口を作製する際、錘状突起部 7 1 上部の遮光膜 3 が受ける塑性変形量は、開口制御部 2 上部の遮光膜 3 が受ける塑性変形量よりも大きくなる。よって、錘状突起部 7 1 の先端に開口が形成され、その開口サイズは実施の形態 1 で説明した錘状突起部と開口制御部の高さが同じものに比べて大きくなる。

【 0 0 4 0 】

以上説明したように、錘状突起部の高さと開口制御部の高さの差を制御することで、錘状突起部の先端に作製される開口サイズを容易に制御することができる。

【 0 0 4 1 】

また、ワーク 2 0 0 0、3 0 0 0 を一枚のウエハ上に複数個作製した時には、そのウエハが反ってしまう場合がある。そのような場合にも、その反り量に対応する錘状突起部の高さと開口制御部の高さの差をつけておくことで、各々のワークの錘状突起部上部の遮光膜が受ける塑性変形量を一定にし、錘状突起部の先端に作製される開口サイズを一定にすることができる。

【 0 0 4 2 】

図 8 および図 9 は、上記で説明したワークの作製方法における錘状突起部と開口制御部の高さの関係を説明する図である。なお、以下では、図 6 の実施の形態のような錘状突起部の方が開口制御部の高さより低い場合について説明する。

【 0 0 4 3 】

図 8 は、図 6 において遮光膜をつける前の状態から錘状突起部 6 1 と開口制御部 2 だけを示した図である。図 9 は、図 8 中 B-B' で示す位置の錘状突起部 1 と、図 8 中 C-C' で示す位置の開口制御部 2 の断面図である。

図 9 (a) は、錘状突起部 6 1 がちょうど形成された状態を示した図である。この状態は実施の形態 1 における図 5 のワーク 1 0 0 0 の製造方法を説明した図の状態である。

開口制御部用マスク 1 0 2 の幅は、錘状突起部用マスクの直径よりも大きいくすることで、図 9 (a) の状態では、開口制御部 2 の上面には、平らな部分が残っており、この平らな部分上に開口制御部用マスク 1 0 2 が残っている。しかしながら、錘状突起部用マスクは、錘状突起部 6 1 との接触面積が非常に小さくなるため、はずれてしまう。図 9 (a) の状態では、錘状突起部 6 1 の高さ H_{11} と開口制御部 2 の高さ H_{21} は、同じである。

図 9 (b) は、図 9 (a) の状態からさらにエッチングを進め、開口制御部 2 上面の平らな部分がちょうどなくなった状態を示している。図 9 (a) の状態からさらにエッチングを行うと、錘状突起部用マスクが無い錘状突起部 6 1 の高さ H_{12} は、徐々に低くなっていく。一方、開口制御部用マスクが残っている開口制御部 2 の高さ H_{22} は、 H_{21} と同じままである。開口制御部 2 の上面の平らな部分の幅は、徐々に狭くなり、断面形状は図 9 (b) に示すように、三角形になる。このときの錘状突起部 6 1 と開口制御部 2 の高さの差 ΔH は、錘状突起部用マスクの直径と開口制御部用マスク 1 0 2 の幅の差、および、錘状突起部 6 1 と開口制御部 2 の先端角によって異なるが、おおよそ 1000nm 以下程度である。

【 0 0 4 4 】

図 9 (c) は、図 9 (b) の状態からさらにエッチングを進めた状態を示している。錘状突起部 6 1 の高さ H_{13} は、高さ H_{11} よりも低くなる。同様に、開口制御部 H_{23} の高さも、高さ H_{22} よりも小さくなる。しかし、高さ H_{13} と高さ H_{23} の減少量は、同じであるため、錘状突起部 6 1 と開口制御部 2 の高さの差 ΔH は、変化しない。

【 0 0 4 5 】

なお、開口制御部用マスク 1 0 2 の幅が、錘状突起部用マスクよりも小さい場

合は、錘状突起部と開口制御部の高さの関係が逆になり、図 7 の実施の形態の開口制御部よりも錘状突起部が高い場合のワーク 3 0 0 0 の形状となる。

【 0 0 4 6 】

また、錘状突起部用マスクの幅と開口制御部用マスクの幅が等しい場合は、錘状突起部と開口制御部の高さが等しくなることは言うまでもない。

【 0 0 4 7 】

本発明のワークの作製方法によれば、フォトリソグラフィ工程によって錘状突起部と開口制御部の高さの差を良好に制御することができる。

【 0 0 4 8 】

以上説明したように、本発明の実施の形態 2 によれば、実施の形態 1 の効果に加え、錘状突起部の高さで開口制御部の高さを良好に制御することができ、錘状突起部の高さで開口制御部の高さの差によって錘状突起部先端に作製する微小開口サイズを良好に制御することができる。

【 0 0 4 9 】

さらに、ワーク 2 0 0 0、3 0 0 0 が複数個作製された一枚のウエハに対して、一括で力 F を加えることによって、数種類の所望の開口サイズの開口を一度に複数個作製する事も可能である。一括で加工する場合、ウエハ一枚あたりのワークの数にもよるが、開口 1 個あたりの加工時間は、数 100 ミリ秒以下と非常に短くなる。

【 0 0 5 0 】

また、ワーク 2 0 0 0、3 0 0 0 を一枚のウエハ上に複数個作製した場合に、そのウエハが反ってしまう場合がある。そのような場合にも、その反りに応じて錘状突起部の高さを適切に制御することにより、錘状突起部の先端に作製される開口サイズを一定にすることができるので、ウエハ一枚あたりから取れる良品の数を多くすることができ、より低コストで微小開口を作製することができる。

(実施の形態 3)

図 1 0 は、本発明の実施の形態 3 に係る開口の形成方法について説明した図である。本実施の形態は、実施の形態 2 において、開口制御部の間に複数の錘状突起部があり、基板が反ってしまっている場合の実施の形態である。よって、実施

の形態 1 あるいは実施の形態 2 と同じ部分については説明を一部省略あるいは簡単にする。

【 0 0 5 1 】

図 1 0 において、基板 4 は、透明層 5、透明層 5 の上に形成された複数の錘状突起部 1 0 1 および複数の錘状突起部 1 0 1 の外側に開口制御部 2、複数の錘状突起部 1 0 1、開口制御部 2 および透明層 5 の上に形成された遮光膜 3 からなる。なお、透明層 5 は、必ずしも必要ではなく、その場合、遮光膜 3 は、複数の錘状突起部 1 0 1、開口制御部 2 および基板 4 上に形成される。また、遮光膜 3 は、複数の錘状突起部 1 0 1 にだけ堆積されていてもよい。

【 0 0 5 2 】

このような構造が作製された基板 4 は、基板表面と裏面との応力の違いにより図 1 0 のように反ってしまう。複数の錘状突起部 1 0 1 の高さを基板 4 に対して同じ高さにすると、中央付近の錘状突起部 1 0 1 上部の遮光膜 3 が受ける塑性変形量は、他の錘状突起部 1 0 1 上部の遮光膜が受ける塑性変形量よりも大きくなり、中央付近の錘状突起部 1 0 1 の先端に作製される開口サイズが大きくなってしまう。

【 0 0 5 3 】

そこで、本実施の形態においては、基板 4 の反り量に対応させてそれぞれの錘状突起部の高さを変えた。図 1 0 の実施の形態の場合、中央付近の錘状突起部の高さを低くし、開口制御部 2 に近くなる錘状突起部にしながら徐々に錘状突起部の高さを高くした。このようなワークの作製方法は錘状突起部用マスクの幅をそれぞれの錘状突起部毎に変えること以外は、実施の形態 2 と同じであるので説明を省略する。

【 0 0 5 4 】

このように錘状突起部の高さを調整することにより、少なくとも複数の錘状突起部 1 0 1 と開口制御部 2 の一部を覆い、複数の錘状突起部 1 0 1 および開口制御部 2 に平面である板 6 を載せ、さらに板 6 の上より押し込み用具 7 を載せる。押し込み用具 7 に錘状突起部 1 0 1 の中心軸方向に力 F を加えることによって、基板 4 の反り量に対応させて錘状突起部 1 0 1 の高さを変えてあるので、板 6 が

すべての錘状突起部 101 上部の遮光膜 3 を同時に押し込む。錘状突起部 101 と板 6 との接触面積に比べて、開口制御部 22 と板 6 との接触面積は、数 100 ～数万倍も大きい。したがって、与えられた力 F は、開口制御部 2 によって分散され、結果として板 6 の変位量は小さくなる。板 6 の変位量が小さいため、遮光膜 3 が受ける塑性変形量は非常に小さい。錘状突起部 101 および開口制御部 2 は、非常に小さな弾性変形を受けるのみである。よって、遮光膜 3 の塑性変形量が非常に小さく、すべての錘状突起部 101 および開口制御部 2 が弾性変形領域でのみ変位しているため、すべての錘状突起部 101 の先端に均一な大きさの開口が形成される。開口サイズは、数 nm から錘状突起部 101 を通過する光の波長の回折限界程度の大きさである。なお、上記では、押し込み用具 7 とワークの間に板 6 が挿入されていたが、板 6 を除去して直接押し込み用具 7 で押し込むことによっても同様に開口を形成できることは、いうまでもない。

【0055】

開口に光を導入するために、基板 4 を錘状突起部 101 の形成面と反対側からエッチングすることによって透明体 5 または錘状突起部 101 のそれぞれの少なくとも一部を露出させて、開口への光の導入口を形成する。また、基板 4 を透明材料で構成することによって、光の導入口を形成する工程を省くことができるのは言うまでもない。

【0056】

図 10 は、基板 4 が凸状に反った場合の実施の形態であるが、基板 4 が凹状に反った場合についても、同様に適応可能である。その際には、中心付近の錘状突起部の高さを高くし、開口制御部に近い錘状突起部の高さを低くすればよい。

【0057】

さらに、基板 4 がうねっているような場合にも本実施の形態は同様に適応可能であることは言うまでもない。

【0058】

また、すべての錘状突起部の高さを一定にし、板 6 あるいは押し込み用具 7 の形状を基板の反りと同じ形状することによっても上記説明したように、すべて開口サイズを同じにすることができる。

【 0 0 5 9 】

また、一枚のウエハ上に数種類の開口サイズを作製したい場合には、実施の形態 1 と同様にして錘状突起部の高さあるいは開口制御部の高さを適切に制御することで適応可能である。

【 0 0 6 0 】

以上説明したように、本発明の実施の形態 3 によれば、基板 4 の形状に応じ、錘状突起部の高さや、板あるいは押し込み用具の形状を制御することにより、反り等の変形した基板に作製されている複数の錘状突起部上部の遮光膜が受ける塑性変形量を一定にすることができ、錘状突起部の先端に作製される開口サイズをすべて一定にすることができる。よって、1 枚のウエハからとれる開口の歩留まりが飛躍的に向上する。

【 0 0 6 1 】

さらに、錘状突起部の高さを適切に制御することにより、一枚のウエハ上に数種類の大きさの開口を安定的に作製することができる。

【 0 0 6 2 】

よって、実施の形態 1 や実施の形態 2 の効果に加え、開口の個数に対して開口制御部の個数を減らすことができ、1 枚のウエハから取れる微小開口を有する素子の数を大幅に増やすことができるので、更なる低コスト化がはかれる。

【 0 0 6 3 】

また、一括で加工できる開口の個数が増えるので、ウエハ一枚あたりのワークの数にもよるが、開口 1 個あたりの加工時間は、実施の形態 1 や実施の形態 2 の加工時間を数分の一に短くすることができる。

【 0 0 6 4 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明に係る第 1 の光学的な開口の作製方法によれば、錘状突起部近傍に開口制御部を設けることによって押し込み体である板の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口を錘状突起部先端に形成する事が容易である。また、錘状突起部と開口制御部の高さが常に同じに制御されているので、開口の作製歩留

まりが向上した。

【0065】

さらに、単純に力Fを加えるだけで開口が形成されるため、開口作製にかかる時間は数秒から数10秒と非常に短くできる。

【0066】

また、本発明によれば、加工雰囲気問わない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。

【0067】

以上説明したように本発明に係る第2の光学的な開口の作製方法によれば、本発明に係る第1の光学的な開口の作製の効果に加え、ワークが複数個作製されたウエハに対して、一括で力を加えることによって、開口サイズのそろった開口を一度に複数個作製する事が可能であり、開口1個あたりの加工時間を短くでき、低コスト化をはかることができ。

【0068】

さらに、開口の個数に対して開口制御部の個数を減らすことができ、1枚のウエハから取れる微小開口を有する素子の数を大幅に増やすことができるので、更なる低コスト化がはかれる。

【0069】

以上説明したように本発明に係る第3の光学的な開口の作製方法によれば、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法の効果に加え、錘状突起部の高さや開口制御部の高さを良好に制御することで錘状突起部先端に作製する微小開口サイズを簡単に、そして良好に制御することができる。

【0070】

以上説明したように本発明に係る第4の光学的な開口の作製方法によれば、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法の効果に加え、基板の形状に応じ錘状突起部の高さを制御することにより、反り等の変形した基板に作製

されている複数の錘状突起部上部の遮光膜が受ける塑性変形量を一定にすることができ、錘状突起部の先端に作製される開口サイズをすべて一定にすることができるので、1枚のウエハからとれる開口の歩留まりが向上する。

【0071】

以上説明したように本発明に係る第5の光学的な開口の作製方法によれば、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法の効果に加え、錘状突起部の高さを適切に制御することにより、一枚のウエハ上に数種類の大きさの開口を安定的に作製することができ、色々なサイズの開口を作製する際に、ウエハの枚数を減らすことができ、安価に数種類の開口サイズを作成することができる。

【0072】

以上説明したように本発明に係る第6の光学的な開口の作製方法によれば、本発明に係る第1あるいは第2の光学的な開口の作製方法の効果に加え、基板の反り等の形状に応じ、板あるいは押し込み用具の形状を調整することにより、反り等の変形した基板に作製されている複数の錘状突起部上部の遮光膜が受ける塑性変形量を一定にすることができ、錘状突起部の先端に作製される開口サイズをすべて一定にすることができる。よって、1枚のウエハからとれる開口の歩留まりが飛躍的に向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図2】

本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図3】

本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図4】

ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図5】

ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図6】

本発明の実施の形態 2 に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図 7】

本発明の実施の形態 2 に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図 8】

ワーク 2 0 0 0 の作製方法における錘状突起部 6 1 と開口制御部 2 の高さの関係を説明する図である。

【図 9】

ワーク 2 0 0 0 の作製方法における錘状突起部 6 1 と開口制御部 2 の高さの関係を説明する図である。

【図 1 0】

本発明の実施の形態 3 に係る開口の形成方法について説明した図である。

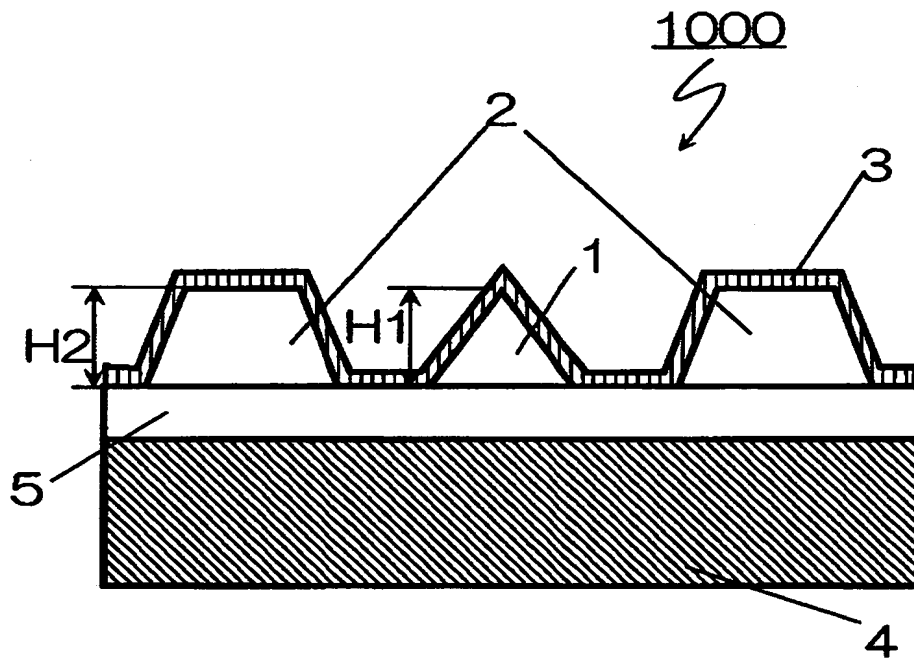
【符号の説明】

- 1、6 1、7 1、1 0 1 錘状突起部
- 2 開口制御部
- 3 遮光膜
- 4 基板
- 5 透明層
- 6 板
- 7 押し込み用具
- 8 開口
- 1 0 1 錘状突起部用マスク
- 1 0 2 開口制御部用マスク
- 1 0 3 透明材料
- 1 0 4 基板材料
- 1 0 0 0、2 0 0 0、3 0 0 0 ワーク
- F 力
- H 1、H 1 1、H 1 2、H 1 3、H 1 6、H 1 7 錘状突起部の高さ
- H 2、H 2 1、H 2 2、H 2 3、H 2 6、H 2 7 開口制御部の高さ

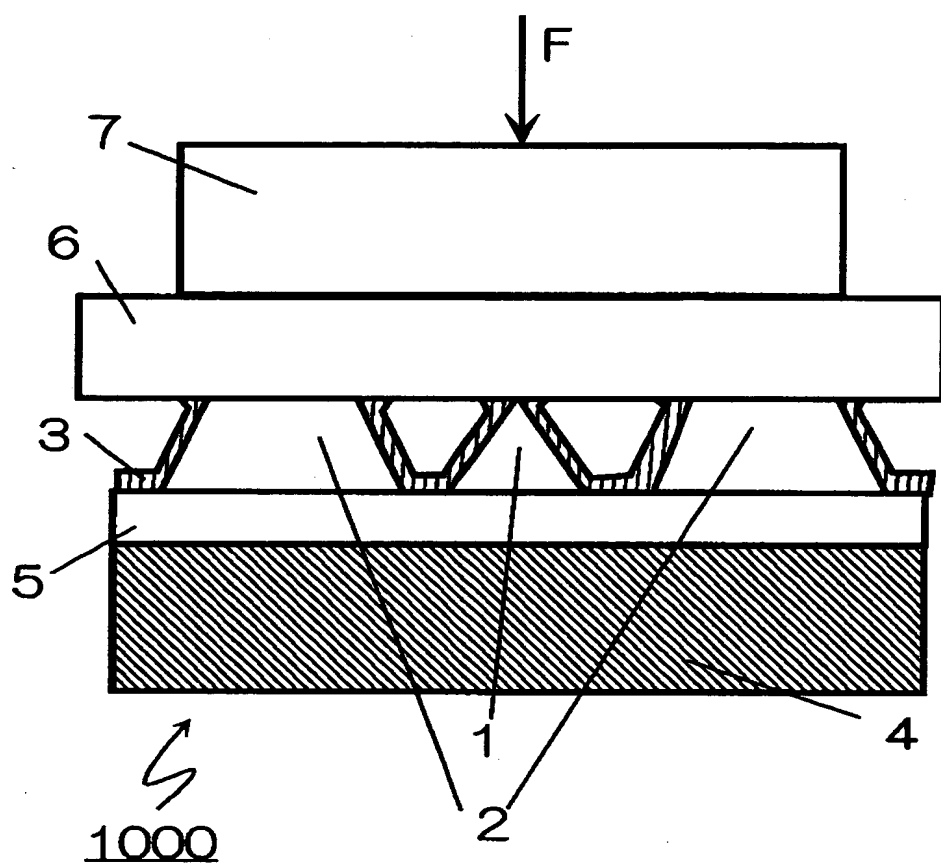
ΔH 錘状突起部と開口制御部の高さの差

【書類名】 図面

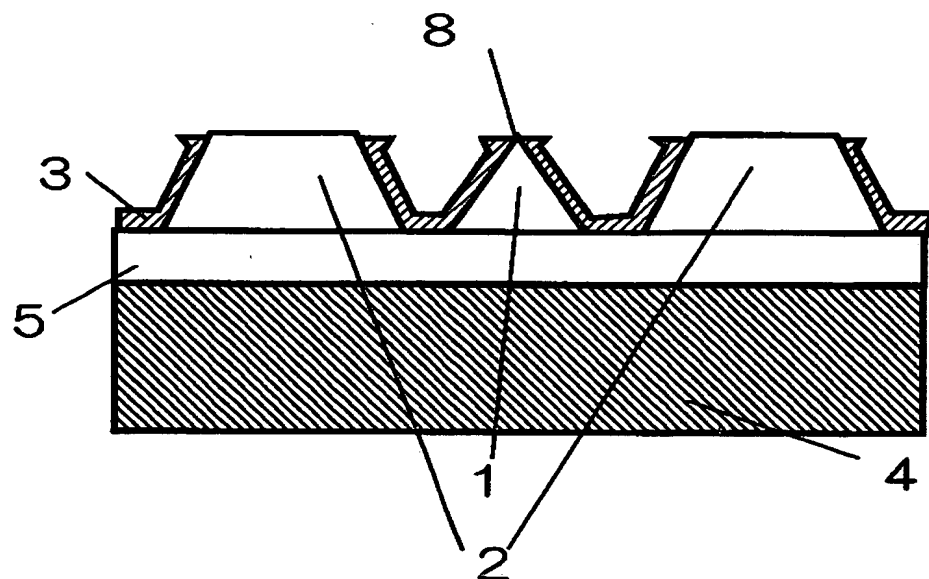
【図1】



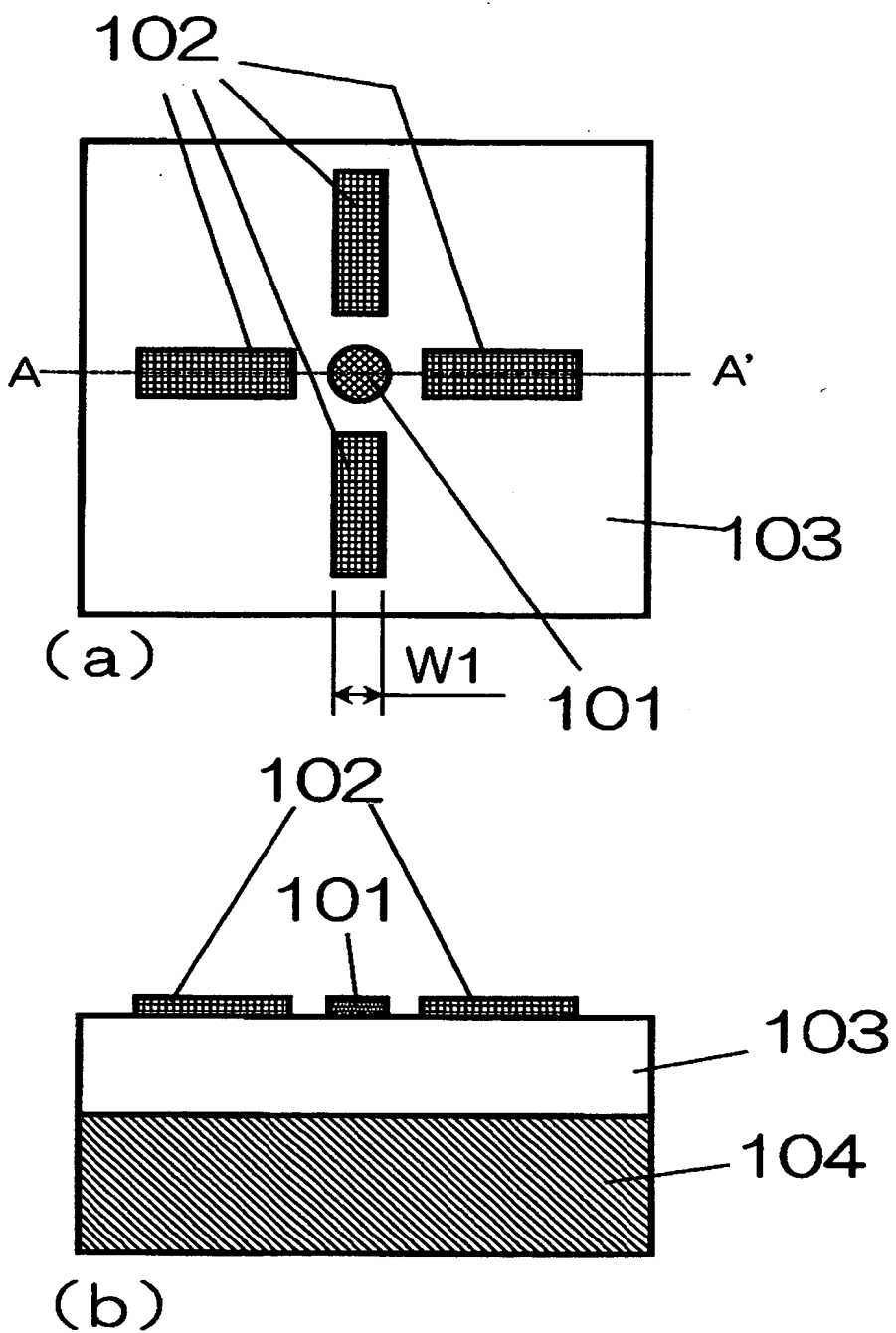
【図2】



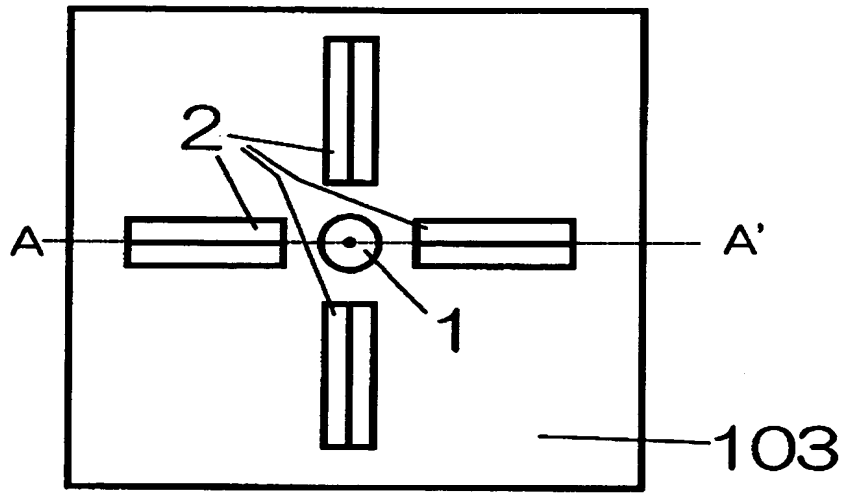
【図3】



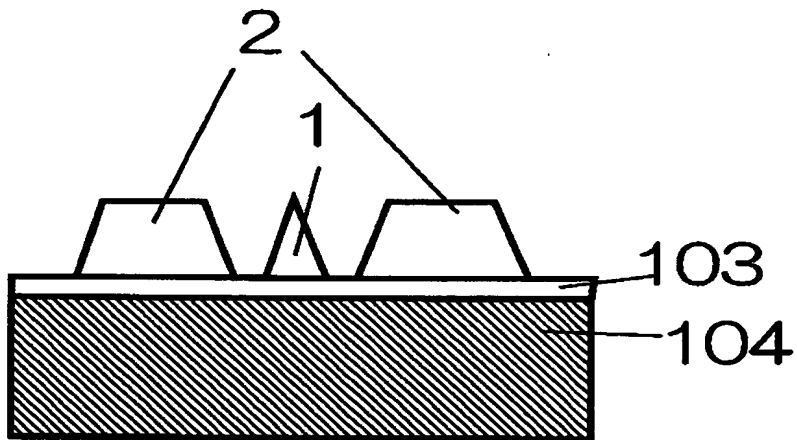
【図4】



【図 5】

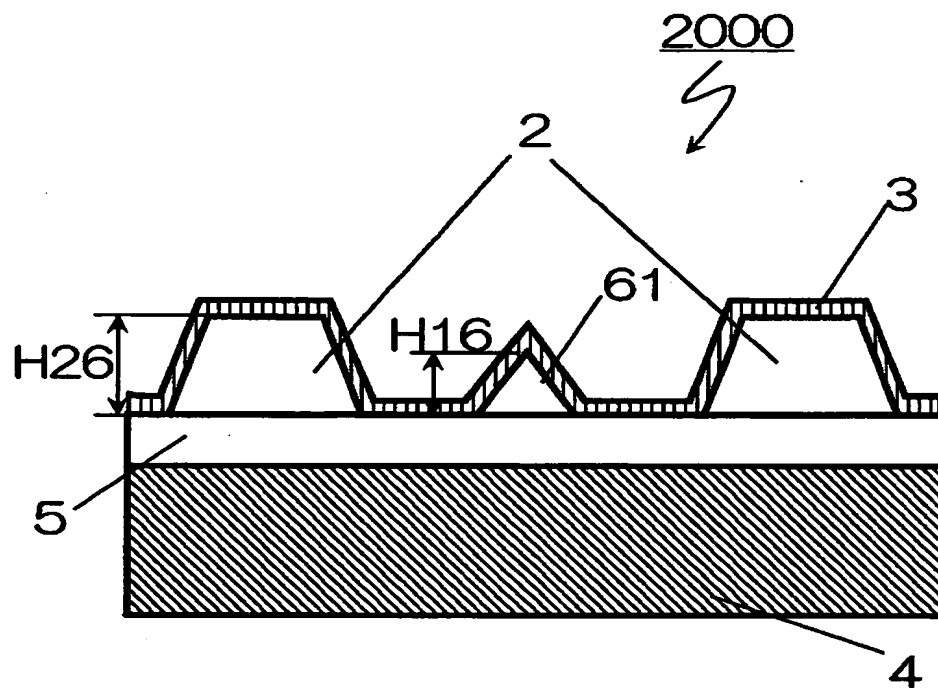


(a)

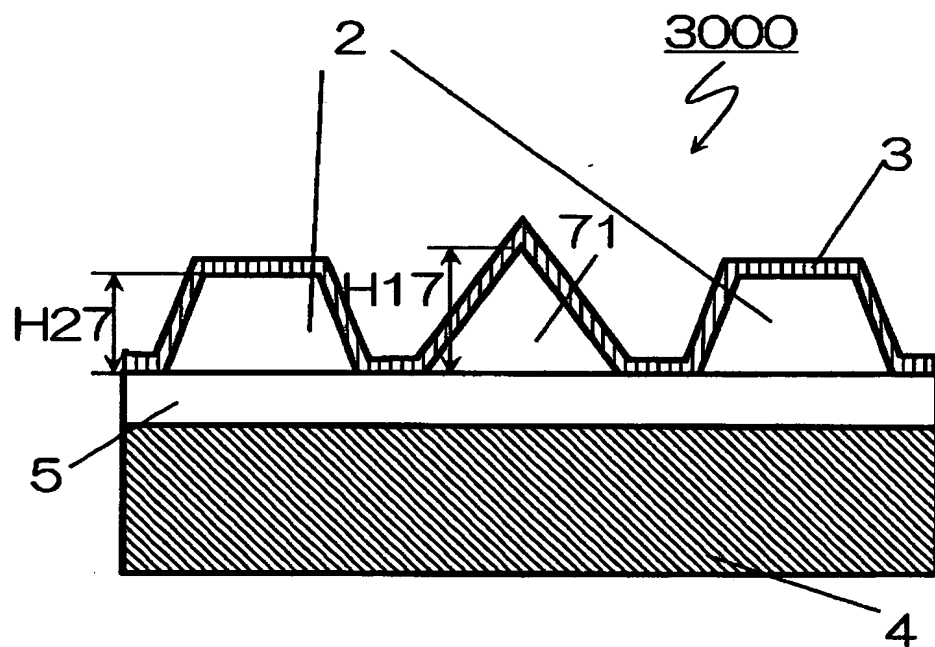


(b)

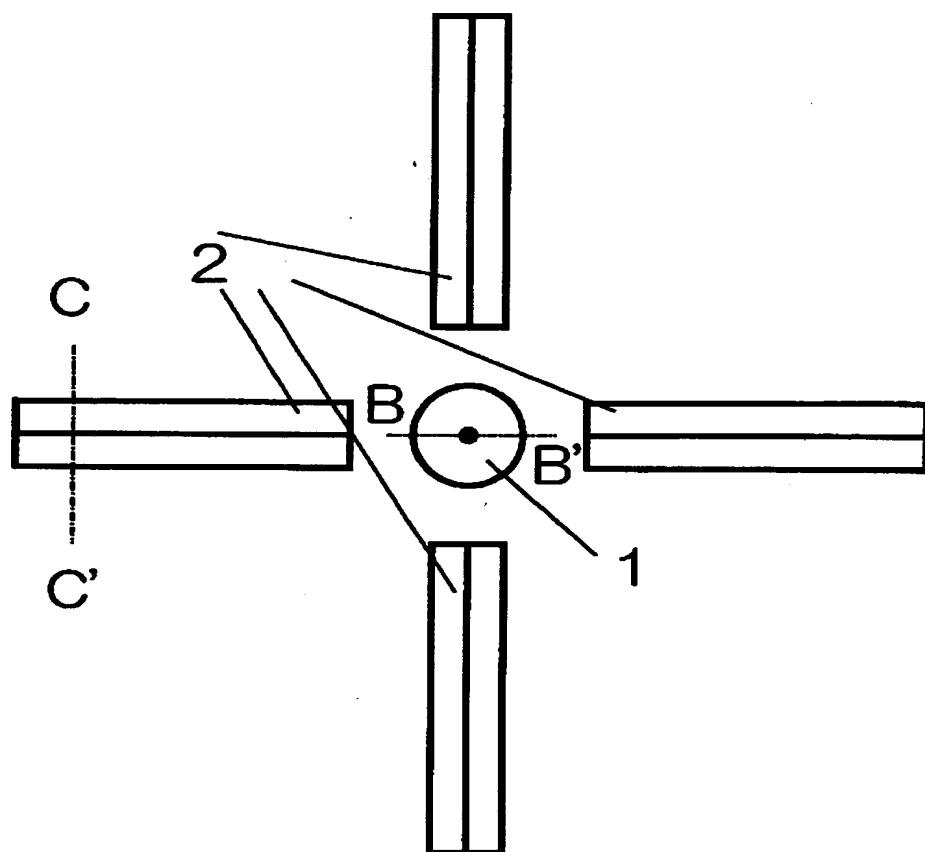
【図6】



【図7】

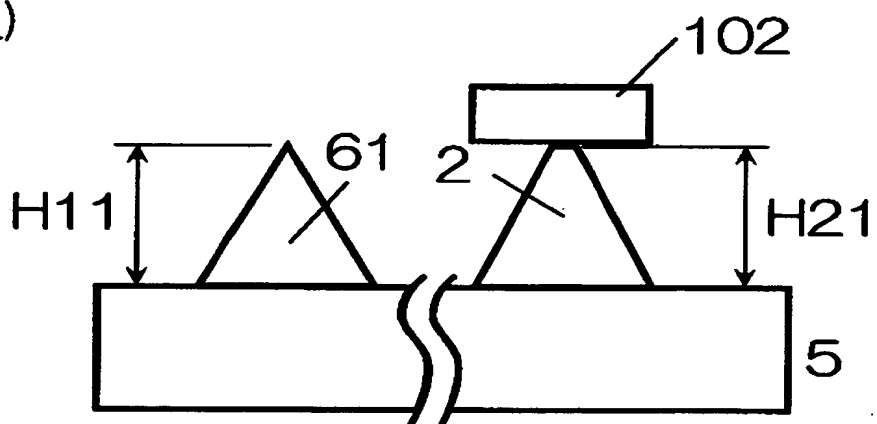


【図 8】

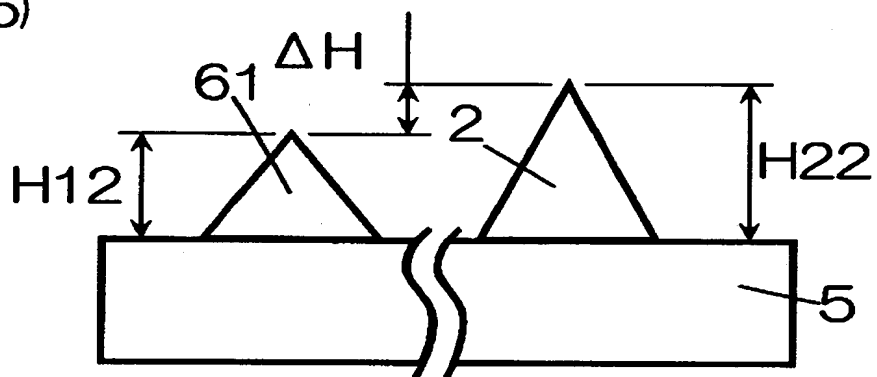


【図9】

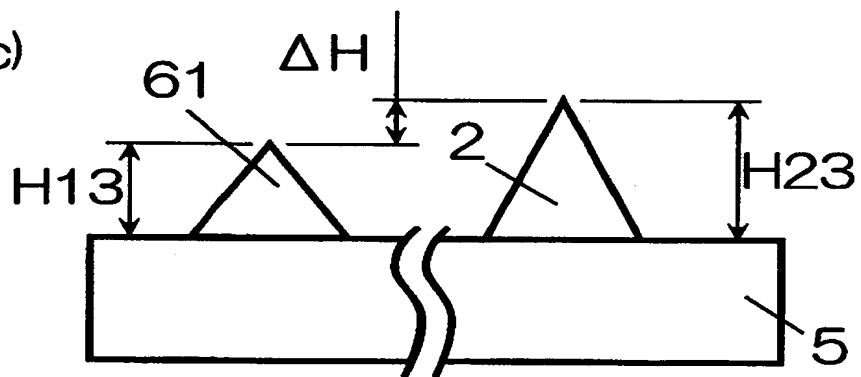
(a)



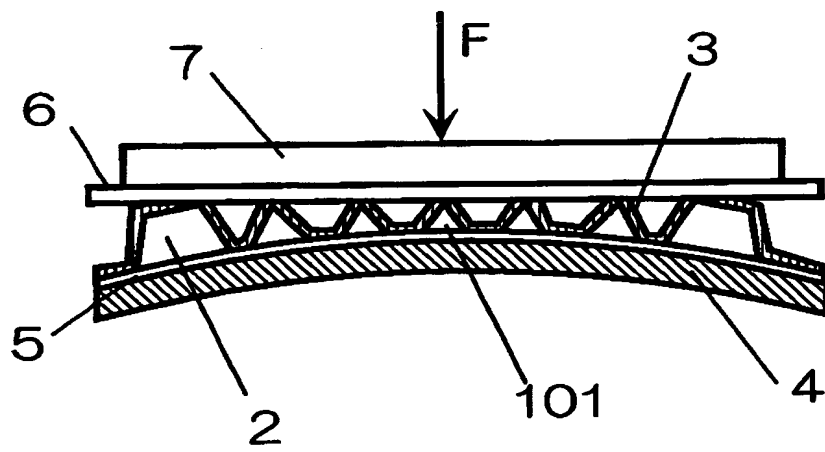
(b)



(c)



【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明の課題は、簡便な方法で任意の開口サイズを有する微小開口を形成する方法を提供することである。

【解決手段】 錘状突起部と前記錘状突起部の近傍に配置された開口制御部と、少なくとも前記錘状突起部上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、前記錘状突起部および前記開口制御部の少なくとも1部を覆うような面を有する押し込み体を、前記錘状突起部に向かう成分を有する力によって変位させることによって前記錘状突起部の先端に光学的な開口を形成する。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002325]

1. 変更年月日	1995年 4月20日
[変更理由]	名称変更
住 所	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
氏 名	セイコーインスツルメンツ株式会社